

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Cair

Air limbah adalah air yang tidak bersih dan mengandung berbagai zat yang membahayakan kehidupan manusia atau hewan serta tumbuhan, merupakan kegiatan manusia seperti, limbah industri dan limbah rumah tangga (Azwar, 1989). Menurut Notoatmodjo (2003), air limbah atau air buangan adalah sisa air yang dibuang yang berasal dari rumah tangga, industri maupun tempat-tempat umum lainnya, dan pada umumnya mengandung bahan-bahan atau zat-zat yang dapat membahayakan bagi kesehatan manusia serta mengganggu lingkungan hidup.

Limbah adalah buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi baik industri maupun rumah tangga, yang kehadirannya pada suatu saat dan tempat tertentu tidak dikehendaki lingkungan karena tidak memiliki nilai ekonomis. Bila ditinjau secara kimiawi, limbah ini terdiri dari bahan kimia organik dan anorganik dengan konsentrasi dan kuantitas tertentu. Kehadiran limbah dapat berdampak negatif terhadap lingkungan terutama bagi kesehatan manusia, sehingga perlu diadakan penanganan terhadap limbah. Tingkat bahaya keracunan yang ditimbulkan oleh limbah tergantung pada jenis dan karakteristik limbah.

Limbah pada dasarnya suatu bahan yang terbuang atau dibuang dari suatu sumber hasil aktivitas manusia, maupun proses-proses alam dan tidak atau belum mempunyai nilai ekonomis. Limbah umumnya dibagi menjadi tiga, yaitu limbah yang berbentuk cair (limbah cair), limbah yang berbentuk padat (limbah padat) dan limbah yang berbentuk gas (limbah gas). Limbah dapat terbuang di tanah, di perairan atau di udara. Besar tidaknya dampak limbah yang terbuang terhadap lingkungan tergantung dari sifat dan jumlah limbah serta daya dukung atau kepekaan lingkungan yang menerimanya (Murtadho dan Said, 1988).

2.2 Parameter Pencemar Limbah Cair

Indikator atau tanda bahwa air lingkungan telah tercemar adalah adanya perubahan atau tanda yang dapat diamati melalui (Wardhana, 2004):

1. Adanya perubahan suhu air
2. Adanya perubahan pH atau konsentrasi ion Hidrogen
3. Adanya perubahan warna, bau dan rasa air
4. Timbulnya endapan, koloidal, bahan pelarut
5. Adanya mikroorganisme
6. Meningkatnya radioaktivitas air lingkungan

Pengamatan yang dilakukan untuk mengetahui adanya perubahan kualitas air dapat digolongkan menjadi pengamatan secara fisik, kimia dan biologis (Warlina, 2004). Parameter yang umum digunakan untuk mengetahui tingkat pencemaran air yaitu antara lain:

a. Padatan Tersuspensi (*Total Suspended Solid/TSS*)

Total Suspended Solid atau padatan tersuspensi adalah padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak terlarut, dan tidak dapat mengendap langsung. Padatan tersuspensi terdiri dari partikel-partikel yang ukuran maupun beratnya lebih kecil dari pada sedimen, seperti bahan-bahan organik tertentu, tanah liat dan lainnya. Partikel menurunkan intensitas cahaya yang tersuspensi dalam air umumnya terdiri dari *fitoplankton*, *zooplankton*, kotoran hewan, sisa tanaman dan hewan, kotoran manusia dan limbah industri (Fardiaz, 1992).

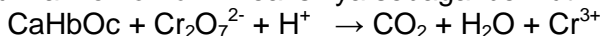
b. BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

Kebutuhan oksigen biologis atau *Biochemical Oxygen Demand* adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme di dalam air untuk memecah (mendegradasi) bahan organik yang ada di dalam air tersebut (Wardhana, 2004). Jumlah mikroorganisme dalam air lingkungan tergantung pada tingkat kebersihan air. Air yang bersih relatif mengandung mikroorganisme lebih sedikit dibandingkan yang tercemar. Air yang telah tercemar oleh bahan buangan yang bersifat antiseptik atau bersifat racun, seperti fenol, kreolin, detergen, asam sianida, insektisida dan sebagainya, jumlah mikroorganismenya juga relatif sedikit. Sehingga, semakin besar kadar BOD nya, mengindikasikan bahwa perairan tersebut telah

tercemar. Kadar oksigen biokimia (BOD) dalam air yang tingkat pencemarannya masih rendah dan dapat dikategorikan sebagai perairan yang baik berkisar 0-10 ppm (Salmin, 2005).

c. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Chemical Oxygen Demand atau kebutuhan oksigen kimia adalah jumlah oksigen yang diperlukan agar bahan buangan yang ada dalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimia (Wardhana, 2004). Bahan buangan organik tersebut akan dioksidasi oleh kalium bichromat yang digunakan sebagai sumber oksigen (*oxidizing agent*) menjadi gas CO₂ dan gas H₂O serta sejumlah ion *chrom*. Reaksinya sebagai berikut:



Perairan dengan nilai COD tinggi tidak diinginkan bagi kepentingan perikanan dan pertanian. Nilai COD pada perairan yang tidak tercemar biasanya kurang dari 20 mg/L, sedangkan pada perairan tercemar dapat lebih dari 200 mg/L dan pada limbah industri dapat mencapai 60.000 mg/L (UNESCO,WHO/UNEP, 1992 *dalam* Warlina, 2004).

d. Amonia

Amonia adalah gas tajam yang tidak berwarna dengan titik didih -35,5°C. Cairannya mempunyai panas penguapan yang bebas yaitu 1,37 kJ/g pada titik didihnya dan dapat ditangani dengan peralatan laboratorium yang biasa. Cairan NH₃ mirip dalam perilaku fisiknya, bergabung dengan sangat kuat melalui ikatan hidrogen. Effendi (2003) menambahkan bahwa sumber amonia di perairan berasal dari pemecahan nitrogen organik dan nitrogen anorganik yang terdapat dalam tanah dan air serta dari dekomposisi bahan organik oleh aktivitas mikroba dan jamur.

Amonia yang terukur di perairan berupa amoniak total yang merupakan amonia dalam bentuk bebas dan ion ammonium (Dinas Perikanan, 1997 *dalam* Umroh, 2007). Amonia bebas (NH₃) tidak dapat terionisasi sedangkan ammonium (NH₄⁺) dapat terionisasi. Persentase amonia meningkat dengan meningkatnya nilai pH. Amonia akan mengalami ionisasi pada pH 7 atau kurang, sedangkan pada pH lebih besar dari 7 amonia tak terionisasi yang bersifat toksik terdapat dalam jumlah yang lebih banyak.

e. Derajat Keasaman (pH)

Air normal yang memenuhi syarat untuk suatu kehidupan mempunyai pH sekitar 6,5-7,5. Air akan bersifat asam atau basa tergantung besar kecilnya pH. Bila pH di bawah pH normal, maka air tersebut bersifat asam, sedangkan air yang mempunyai pH di atas pH normal bersifat basa. Air limbah dan bahan buangan industri akan mengubah pH air yang akhirnya akan mengganggu kehidupan organisme di dalam air (Wardhana, 2004). Sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai pH antara 7-8,5. Nilai pH sangat mempengaruhi proses biokimiawi perairan, misalnya proses nitrifikasi akan berakhir pada pH yang rendah (Effendi, 2003).

f. Oksigen Terlarut (*Dissolved Oxygen/DO*)

Kadar oksigen terlarut berfluktuasi secara harian (*diurnal*) dan musiman, tergantung pada pencampuran (*mixing*) dan pergerakan (*turbulence*) massa air, aktivitas fotosintesis, respirasi, dan limbah (*effluent*) yang masuk ke badan air. Dekomposisi bahan organik dan oksidasi bahan anorganik dapat mengurangi kadar oksigen terlarut hingga mencapai nol (anaerob) (Effendi, 2003). Fluktuasi harian oksigen dapat mempengaruhi parameter kimia yang lain, terutama pada saat kondisi tanpa oksigen, yang dapat mengakibatkan perubahan sifat kelarutan beberapa unsur kimia di perairan (Jeffries dan Mills, 1996 *dalam* Effendi, 2003).

Umumnya air lingkungan yang telah tercemar kandungan oksigennya sangat rendah. Hal ini dikarenakan oksigen yang terlarut di dalam air diserap oleh mikroorganisme untuk mendegradasi bahan buangan organik sehingga menjadi bahan yang mudah menguap (yang ditandai dengan bau busuk) (Wardhana, 2004). Suatu perairan yang tingkat pencemarannya rendah dan dapat dikategorikan sebagai perairan yang baik memiliki kadar oksigen terlarut (DO) >5 ppm (Salmin, 2005).

2.3 Karakteristik Limbah Rumah Potong Hewan (RPH)

Kegiatan RPH akan menghasilkan limbah dengan kandungan bahan organik tinggi disertai konsentrasi bahan padat dan lemak yang relatif tinggi. Menurut Kusnopranto

(1995) limbah ini akan berdampak pada kualitas fisik air yaitu warna, pH, total padatan terlarut, padatan tersuspensi, kandungan lemak, BOD₅, amonium, nitrogen, fosfor akan mengalami peningkatan. Limbah terbesar berasal dari darah dan isi perut (Tjiptadi 1990). Darah akan berdampak pada peningkatan nilai BOD dan padatan tersuspensi. Disamping itu, isi perut (rumen) dan usus akan meningkatkan jumlah padatan. Pencucian karkas juga meningkatkan nilai BOD. Menurut Bewick (1980) menyatakan bahwa limbah ternak merupakan sumber pencemaran bagi air yang mempunyai kandungan BOD tinggi dan kandungan oksigen yang terlarut didalam air relatif sedikit.

Beberapa sifat limbah cair yang perlu diketahui antara lain volume aliran, konsentrasi organik, sifat-sifat karakteristik dan toksisitas (Jenie dan Rahayu, 1993). Pengukuran BOD dan COD adalah salah satu parameter pengukuran terhadap kadar organik dari limbah. Apabila limbah cair mempunyai COD tinggi dan BOD rendah maka studi toksisitas mungkin diperlukan (Jenie dan Rahayu, 1993). Ada tiga kegiatan yang perlu dilakukan untuk menangani limbah yang dihasilkan oleh kegiatan RPH yaitu, identifikasi limbah, karakterisasi dan pengolahan limbah (Ross *et al.*, 1992).

Menurut Jorgensen (1989) tipe umum limbah cair RPH mengandung lemak, protein dan karbohidrat dengan konsentrasi yang relatif tinggi. Secara umumnya limbah cair dapat diolah secara biologi. Proses pengolahan secara biologi menelan biaya yang cukup tinggi, oleh karena limbah cair ini memiliki konsentrasi BOD₅ yang lebih tinggi dibandingkan dengan limbah cair rumah tangga, sehingga proses biologi yang dilakukan sering menggunakan dua atau lebih tahapan pengolahan.

2.4 Pengolahan Air Limbah

Definisi *treatment* atau pengolahan adalah pemisahan padatan dan stabilisasi polutan. Maksud dari stabilisasi polutan adalah mendegradasi materi organik sampai pada suatu titik dimana reaksi kimia dan biologis tidak berlangsung lagi. *Treatment* juga bisa berarti menghilangkan racun atau substansi

yang berbahaya (misalnya logam berat atau phosphor) yang bisa menghentikan siklus biologis yang berkelanjutan, meskipun telah terjadi stabilisasi materi organik (Sasse, 1992). Pada umumnya bahan pencemar yang menjadi perhatian utama adalah bahan-bahan organik yang larut dan tidak terlarut, berbentuk senyawa nitrogen, fosfor, dan materi inert tidak terlarut.

Berdasarkan proses yang berlangsung, pengolahan limbah dapat dibagi menjadi tiga macam, yaitu pengolahan secara kimia, fisika, dan secara proses biologi.

1. Pengolahan limbah secara fisika

Merupakan proses pengolahan limbah tanpa adanya reaksi kimia atau biologi. Setiap tahap dari proses fisika melibatkan tahapan pemisahan materi tersuspensi dari fluidanya.

2. Pengolahan limbah secara kimia

Merupakan proses pengolahan limbah yang memanfaatkan reaksi-reaksi kimia untuk mentransformasi limbah berbahaya menjadi tidak berbahaya. Berbagai bentuk pengolahan misalnya seperti : netralisasi, koagulasi-flokulasi, oksidasi dan reduksi, penukaran ion, khlorinasi.

3. Pengolahan limbah secara biologi

Merupakan proses pengolahan limbah dengan memanfaatkan aktivitas mikroorganisme, terutama bakteri, untuk mendegradasi polutan-polutan yang terdapat dalam air limbah.

Limbah yang berasal dari domestik pada umumnya mengandung bahan organik dengan konsentrasi tinggi, sehingga pada umumnya pengolahannya menggunakan proses biologi. Air limbah dari industri bersifat lebih kompleks, dengan kandungan bahan kimia yang lebih beragam. Sehingga proses pengolahan yang diperlukan lebih rumit dan melibatkan berbagai proses (baik kimia, fisika, maupun biologi).

2.5 Pengolahan Secara Biologi

Merupakan metode pengolahan yang menggunakan aktivitas biologi dalam penyisihan bahan-bahan pencemar. Pengolahan air buangan secara biologi didasarkan penggunaan substansi-substansi pencemar air sebagai nutrien oleh

campuran populasi mikroorganisme. Mekanisme ini berlangsung secara alamiah dalam badan-badan air yang sehat, seperti danau dan sungai, sebagai proses purifikasi.

Tujuan dari pengolahan air buangan secara biologi sendiri adalah untuk menstabilisasi materi organik terlarut serta mengkoagulasi dan menyisihkan padatan koloid (Metcalf dan Eddy, 1991). Mekanisme pengolahan biologi adalah mencampurkan air buangan dengan pekat mikroorganisme, dan membiarkannya berkontak selama waktu tertentu yang cukup bagi mikroorganisme tersebut untuk menguraikan dan menyisihkan bahan-bahan pencemar, sampai mencapai tingkat pengolahan yang diinginkan.

Kehadiran mikroorganisme sangat mutlak dalam pengolahan biologi. Pengolahan ini memanfaatkan kemampuan mikroorganisme mengubah bahan koloid dan materi karbon terlarut menjadi berbagai jenis gas-gas dan sel-sel baru. Akibat berat spesifik mikroorganisme yang sedikit lebih besar daripada berat spesifik air, sel-sel baru dapat diendapkan secara gravitasi dan kemudian disisihkan. Dengan demikian efisiensi pengolahan biologi tergantung dari kondisi lingkungan yang diterapkan bagi kehidupan mikroorganisme. Untuk setiap jenis air limbah, proses pengolahan biologi merupakan kegiatan kontrol terhadap lingkungan yang diperlukan untuk pertumbuhan optimum mikroorganisme terkait.

Pengolahan limbah secara biologi ini dapat diklasifikasikan berdasarkan tiga macam kriteria, yaitu

1. Pendekatan lingkungan proses
2. Bentuk transformasi yang dilakukan
3. Konfigurasi reaktor

2.6 Proses Biofilm Atau Biofilter Tercelup

Biofilm adalah lapisan yang terbentuk oleh koloni sel-sel mikroba dan melekat pada permukaan substrat, berada dalam keadaan diam, karakter berlendir, dan tidak mudah terlepas (Madigan *et al*, 1997). Pelekatan ini seperti pada bakteri disertai oleh penumpukan bahan-bahan organik yang diselubungi oleh matrik polimer ekstraseluler yang dihasilkan oleh bakteri

tersebut. Matrik ini berupa struktur benang-benang bersilang satu sama lain yang dapat berupa perekat bagi biofilm.

Mikroorganisme akan hidup dengan membentuk koloni dan menempel pada permukaan benda padat dibandingkan dengan melayang-layang di dalam cairan atau planktonis (Helianti, 2007). Pelekatan ini menghasilkan mikro koloni, sebagai awal perkembangan biofilm yang dimulai dari satu sel tapi sering berkembang menjadi beberapa bakteri membentuk *multilayers* dengan matrik yang hidup pada komunitas kompleks. Contoh nyata dari biofilm adalah karies gigi, mikroorganisme membentuk koloni yang menyebabkan plak pada gigi yang jika dibiarkan dapat menyebabkan gigi berlubang.

Proses terbentuknya biofilm dibagi menjadi 5 tahap (Maier, 2009) :

1. Tahap Pelekatan Awal, pada tahap ini mikroba melekat pada permukaan benda padat dengan perantara fili (rambut halus). Contoh bakteri yang dapat melekat dan membentuk koloni adalah *Pseudomonas aeruginosa*, bakteri gram negative dengan molekul sinyal utama homoserin lakton. Pelekatan awal ini disebabkan oleh hydrophobic (tidak larut air, larut di minyak) dan elektrostatik (medan listrik statik).
2. Tahap Pelekatan Permanen, mikroba semakin menempel dengan diprakarsai oleh matriks polimer ekstraseluler dengan bantuan eksopolisakarida (EPS).
3. Tahap Pematangan I, terjadi penarikan pada bakteri lain membentuk polisakarida ekstraseluler dan sel bakteri terus tumbuh dan berkembang. Pada ini ketebalan biofilm lebih dari 10 μm .
4. Tahap Pematangan II, pada tahap ini ketebalan biofilm mencapai 100 μm . Bakteri yang terakumulasi membentuk beberapa lapisan. Bakteri yang ada dilapisan dalam akan lebih terlindungi daripada bakteri yang berada pada lapisan luar. Koloni ini akan membentuk nutriennya sendiri, karena bakteri yang mati dapat menjadi nutrisi bagi yang hidup.
5. Tahap Dispersi, pada tahap ini biofilm yang sudah terbentuk dapat mengalami pelepasan sel secara erosi atau *sloughing*. Erosi terjadi secara berkala karena geseran dari cairan yang mengalir. Sloughing adalah pelepasan banyak

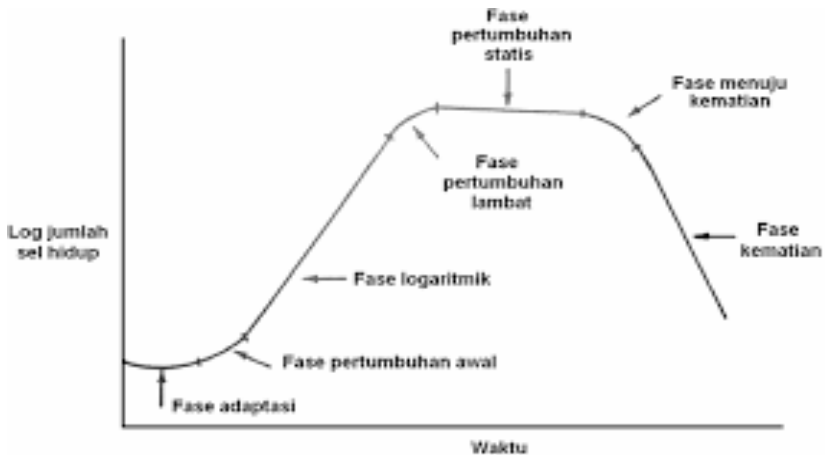
sel yang terjadi secara acak karena adanya perubahan dalam medium pertumbuhan.

2.7 Bioball

Teknologi biofilter dengan media *bioball* ini merupakan proses pengolahan air limbah dengan proses biakan melekat menggunakan media *bio-ball* untuk tempat berkembang biaknya mikroba pengurai polutan organik. Teknologi ini merupakan salah satu teknologi pengolahan air limbah domestik yang cukup handal, biaya operasional murah dan perawatannya mudah (Said, 2006). Media *bioball* mempunyai keunggulan antara lain mempunyai luas spesifik yang cukup besar, pemasangannya mudah (random), sehingga untuk paket Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) kecil sangat sesuai. *Bioball* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *bioball* bulat yang memiliki diameter 3 cm.

2.8 Mikroba Starter

Starter merupakan media berisi mikroba tertentu dan digunakan untuk memacu tumbuhnya mikroba yang diharapkan. Starter berisi mikroba yang sudah diinaktifkan (*immobile*). Dalam keadaan inaktif, kebutuhan mikroba terhadap energi demikian rendah. Dengan demikian, pemanfaatan energi yang terkandung dalam media starter menjadi lambat sehingga kehidupan mikroba didalam starter dapat bertahan lama. Menurut Fardiaz (1998), pertumbuhan mikroba di dalam suatu kurva seperti terlihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Kurva pertumbuhan kultur mikroba (Fardiaz, 1988)

Starter komersil banyak dijual, misalnya ragi peuyeum, ragi kue, EM4, Starbia dan lain-lain. Wujud starter beragam, tergantung dari mikroba yang dikandungnya. Starter yang mengandung jamur atau ragi berbentuk kering, sedangkan starter berbentuk cair. Starter dapat dibuat dengan mengendalikan lingkungan hidup mikroba sehingga mikroba yang diharapkan tetap hidup dan mikroba lain tidak dapat tumbuh dan berkembang.

2.9 EM4 (*Effective Mikroorganisme*)

Effective Mikroorganisme 4 (EM4) merupakan suatu cairan berwarna kecoklatan dan beraroma manis asam (segar) yang di dalamnya berisi campuran beberapa mikroorganisme hidup yang menguntungkan bagi proses penyerapan/persediaan unsur hara dalam tanah. Mikroorganisme atau kuman yang berwatak “baik” itu terdiri dari bakteri fotosintetik, bakteri asam laktat, ragi, *aktinomydetes*, dan jamur peragaan. EM4 merupakan produk bioaktivator yang tidak dapat langsung diaplikasikan pada media. Hal ini disebabkan kandungan mikroorganisme dalam EM masih dalam kondisi tidur sehingga tidak akan memberikan pengaruh nyata. Untuk itu, EM asli perlu

dilarutkan menjadi EM aktif apabila ingin digunakan (Suryati, 2014).

Fungsi EM4 untuk mengaktifkan bakteri pelarut, meningkatkan kandungan humus tanah *lactobonillus* sehingga mampu memfermentasikan bahan organik menjadi asam amino. EM4 mampu meningkatkan jumlah klorofil, fotosintesis meningkat dan mempercepat kematangan buah dan mengurangi buah busuk bila disemprotkan di daun. EM4 juga berfungsi untuk meningkatkan nitrogen dari udara, menghasilkan senyawa yang berfungsi sebagai antioksidan, menekan bau limbah, menggemburkan tanah, meningkatkan daya dukung lahan, meningkatkan kualitas daging, dan meningkatkan kualitas air (Suryati, 2014)